

Distribution of Iron Sand in The Widarapayung Coast Area at Regency of Cilacap Based on Magnetic Anomaly Data

Penulis Jurnal Ilmiah : Lasmita Sari, Sebah, dan Hartono

Jumlah Penulis : 3 Orang

Status Penulis : Penulis ke-2

Nama Jurnal : Jurnal Teras Fisika

No. ISSN/e-ISSN : 2614-7580 / 2615-1219

Edisi : Vol.1 No.2 Oktober 2018

Penerbit : Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

DOI Artikel : <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2018.1.2.1127>

URL : <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/tf/article/view/1127>

Terindeks : SINTA (S5), Google Scholar, Garuda, Crossref.

SJR : -

J u r n a l

TERAS **FISIKA**

Teori, Modeling, dan Aplikasi Fisika



Penerapan Second Vertical Derivative (SVD) Pada Data Gravitasi Untuk Mengidentifikasi Keberadaan Patahan Di Sepanjang Pegunungan Serayu Selatan Kabupaten Banyumas

Lasmita Sari, Seha, dan Hartono

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman
Jalan Dr. Suparno No.61 Karangwangkal Purwokerto Jawa Tengah
Email: lasmi_indonesia@yahoo.co.id

Abstrak – Penelitian menggunakan data gravitasi telah dilakukan untuk mengetahui struktur patahan yang dapat meminimisasi dampak bencana akibat aktivitas geologi di sepanjang Pegunungan Serayu Selatan Kabupaten Banyumas. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data topografi yang diperoleh dari Scripps Institution of Oceanography, Universitas California San Diego dan peta lengkap anomali bouger di Kabupaten Banyumas. Pengolahan data dimulai dengan pendigitan untuk mengetahui nilai anomali bouger lengkap. Metode kontinuitas ke atas digunakan untuk memisahkan anomali regional dan residual. Analisis SVD dilakukan untuk menentukan patahan. Pemodelan bawah permukaan dilakukan menggunakan metode $2\frac{1}{2}$ D Talwani dalam program grav2DC. Analisis SVD menunjukkan ada patahan di sekitar pegunungan Serayu Selatan Kabupaten Banyumas. Pemodelan dalam penelitian ini menunjukkan terdapatnya patahan yang memiliki kemiringan yang bervariasi antara 60° hingga 72° . Patahan terletak pada kontak antara Formasi Halang dan anggota breksi Formasi Halang. Jenis patahan yang diidentifikasi adalah jenis patahan turun dengan kemiringan lapisan batuan $<20^{\circ}$.

Kata kunci: Patahan, Metode Gravity, Second Vertical Derivative, Pegunungan Serayu Selatan.

Abstract – The research using gravity data has been done to find out the structure that can cause disaster due to geological activity along Serayu Selatan Mountain Banyumas Regency. The data that used in this research was a topography data obtained from Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego and the map of complete bouguer anomaly Banyumas Regency. Data processing is begun by digitized to obtain complete bouguer anomalies. Upward Continuation method was used to separate regional and residual anomaly. The analysis of SVD was performed to determine of fault. Subsurface modeling was performed using $2\frac{1}{2}$ D Talwani method in the grav2DC program. SVD analysis shows there is a fault in the surrounding mountains of South Serayu, Banyumas. Modeling shows that the structural fault in this research had a dip that varies between 60° to 72° . The fault lies in contact Halang formation with breccia member of Halang formation. The type of fault identified is the fault type down with the slope of the rock layer $<20^{\circ}$.

Key words: Fault, Gravity Method, Second Vertical Derivative, Mountain of South Serayu.

PENDAHULUAN

Sebanyak 37 desa dari 13 kecamatan di Kabupaten Banyumas (Jawa Tengah) rawan terjadi bencana tanah longsor yang diakibatkan gerakan tanah. Ke-37 desa itu terletak di jalur sesar Pegunungan Serayu Selatan. Salah satu daerah yang diwaspadai Pemerintah Kabupaten (Pemkab) Banyumas adalah Bukit Kemawi atau Bukit Watespogog di Desa Kanding, Kecamatan Somagede. Enam hektar lahan di perbukitan tersebut longsor dan terdapat 25 hektar lahan di bukit yang sama berpotensi terjadi longsor. Selain itu, gerakan tanah di Bukit Kemawi menyebabkan harta benda dan fasilitas umum rusak, seperti lahan perkebunan cengkeh

masyarakat serta terancamnya jalan raya Somagede-Banjarnegara (Dharmawan, 2007).

Perilaku patahan di jalur Pegunungan Serayu Selatan dapat dipahami dengan melakukan penelitian terhadap pemodelan sesar yang ada di bawah permukaan daerah penelitian. Struktur patahan di bawah permukaan ini mempunyai peranan penting terhadap proses-proses yang terjadi pada lapisan batuan di atasnya. Dengan mengetahui bentuk sesar yang ada di daerah penelitian, maka proses yang mungkin terjadi berkaitan dengan aktivitas patahan dapat dipahami dengan baik. Untuk mengetahui adanya struktur geologi dapat dilakukan

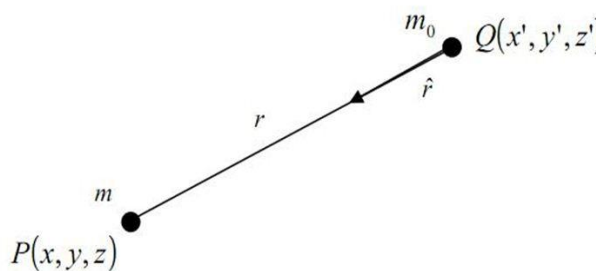
metode-metode geofisika yang menggambarkan keadaan di bawah permukaan.

Metode geofisika yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode gravitasi. Prinsip dasar dari metode ini yaitu mengukur variasi medan gravitasi yang ditimbulkan oleh perbedaan rapat massa batuan di bawah permukaan bumi (Telford, 1990). Metode gravitasi berdasarkan pada hukum Newton tentang gravitasi. Metode gravitasi memiliki kelebihan untuk survei awal eksplorasi geofisika karena dapat memberikan informasi yang cukup detail tentang struktur geologi dan perbedaan densitas batuan (Adhi dkk, 2011).

Analisa *Derivative* medan gaya berat yang digunakan adalah *Second Vertical Derivative*. *Second Vertical Derivative* dapat digunakan untuk menentukan karakteristik patahan yang ada di sekitar Pegunungan Serayu Selatan kabupaten Banyumas yaitu patahan naik atau patahan turun (Sarkowi, 2010).

LANDASAN TEORI

A. *Metode Gravitasi dan Potensial Gravitasi*
Konsep fisika yang mendasari metode gaya berat adalah Hukum Newton. Hukum ini menyatakan bahwa besar gaya gravitasi antara dua massa sebanding dengan perkalian kedua massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar kedua pusat massa tersebut (Telford, 1990).



Gambar 1. Interaksi antara dua benda (Telford, 1990).

Gaya yang ditimbulkan antara partikel dengan massa m_0 yang berpusat pada titik Q (x', y', z') dan partikel dengan massa m yang berpusat pada titik P (x, y, z) dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\vec{F}(\vec{r}) = -G \frac{m_0 m}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

dengan $r = [(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{\frac{1}{2}}$ dan G adalah konstanta gravitasi umum yang besarnya adalah $6,6732 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Persamaan (1) dapat diubah menjadi persamaan (2) yang merupakan medan gravitasi yang dialami oleh m akibat tarikan m_0 :

$$\vec{E}\left(\frac{\vec{r}}{r}\right) = -G \frac{m}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Medan gravitasi merupakan medan yang bersifat konservatif, maka medan gravitasi dapat dinyatakan sebagai gradien dari suatu fungsi potensial skalar. Pernyataan tersebut dapat dilihat pada persamaan (3):

$$\vec{E}\left(\frac{\vec{r}}{r}\right) = -\nabla U\left(\frac{\vec{r}}{r}\right) \quad (3)$$

dengan $U\left(\frac{\vec{r}}{r}\right) = -G \frac{m}{r}$ merupakan potensial

gravitasi dari massa m . Potensial medan gravitasi dari suatu distribusi massa yang kontinu dapat dihitung dengan pengintegralan, yang dituliskan pada persamaan (4)

$$U\left(\frac{\vec{r}}{r}\right) = -G \int \frac{dm}{\left|\frac{\vec{r}}{r} - \frac{\vec{r}_0}{r_0}\right|} \quad (4)$$

B. *Analisa Second Vertical Derivative (SVD)*
SVD bersifat sebagai *high pass filter*, sehingga dapat menggambarkan anomali residual yang berhubungan dengan struktur dangkal dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan apakah termasuk patahan turun atau patahan naik. Perhitungan SVD diturunkan langsung dari persamaan Laplace untuk anomali gaya berat di permukaan yang dituliskan dalam persamaan:

$$\nabla^2 g = 0 \text{ atau}$$

$$\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = 0 \quad (5)$$

Sehingga SVD diberikan oleh persamaan:

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = -\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \quad (6)$$

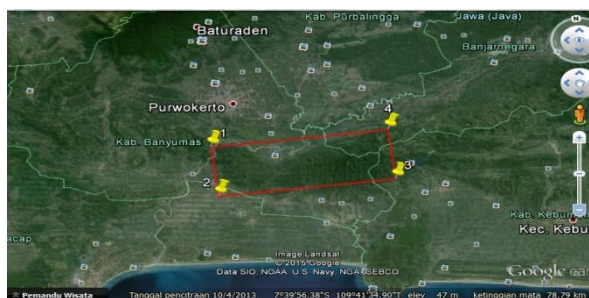
METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Lokasi penelitian adalah di sekitar Pegunungan Serayu Selatan yang masuk ke dalam wilayah administratif Kabupaten Banyumas. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Anomali Bouguer Lengkap lembar Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. Peta anomali Bouguer ini dibuat oleh Siagian, *et al* (1995) yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi Bandung (PSG) Bandung. Data topografi diperoleh dari website *Satellite Geodesy at the Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego* (<http://topex.ucsd.edu>). Daerah survei terletak di antara 109°12'30" BT – 109°27' BT dan 7°30' LS – 7°35' LS dengan luas area 26 km x 9 km.

Prosedur penelitian ini meliputi 4 tahap yaitu persiapan, pendigitan, pengolahan data, dan interpretasi. Peralatan dan bahan yang digunakan ialah Personal Komputer, Program Aplikasi *Microsoft Excel 2010*, Program aplikasi *notepad*, *Software Geocal*, *Software Matlab 2010*, *Software Surfer versi 13*, *Software Grav2dc for Windows*, *Software Fortran*, Peta anomali Bouguer Lembar Banyumas skala 1:100.000, Peta geologi Lembar Banyumas skala 1:100.000, dan Data sekunder topografi.

Tinjauan Geologi Daerah Penelitian

Pegunungan Serayu Selatan merupakan antiklin yang sederhana dan sempit di bagian Barat Kabupaten Banyumas, yaitu di sekitar Ajibarang. Sedangkan di bagian timur Banyumas berkembang antiklinorium dengan lebar mencapai 30 kilometer yaitu di sekitar Lok Ulo. Bagian timur Pegunungan Serayu Selatan merupakan struktur *dome* sedangkan berdekatan dengan Kecamatan Jatilawang terdapat suatu antiklin yang terpotong oleh Sungai Serayu (Sujanto & Roskamil, 1995).

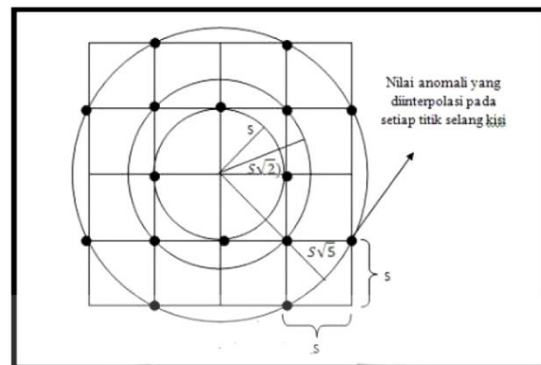


Gambar 2. Daerah Penelitian dari Google Earth.

Second Vertical Derivative

Analisa *Second Vertical Derivative* dilakukan pada data anomali bouguer lengkap yang telah ada. Proses SVD dilakukan dengan menggunakan persamaan yang diturunkan oleh Rosenbach (1953):

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \frac{1}{24s^2} (96\bar{T}_0 - 72\bar{T}_1 - 32\bar{T}_2 + 8\bar{T}_3) \quad (7)$$

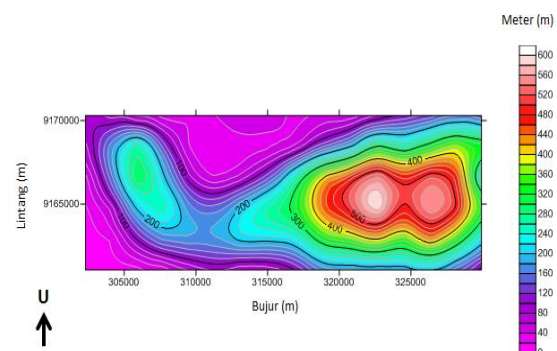


Gambar 3. Diagram perhitungan pendekatan turunan kedua Menggunakan grid (Rosenbach, 1953).

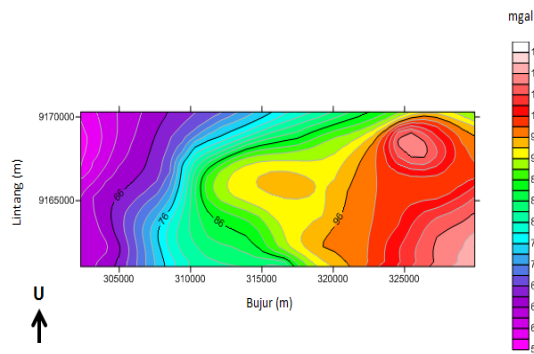
HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer Lengkap

Data anomali Bouguer lengkap yang telah dilakukan proses pendigitan kemudian diolah menggunakan *Surfer 13*.



Gambar 4. Topografi daerah penelitian pada permukaan 2,5D

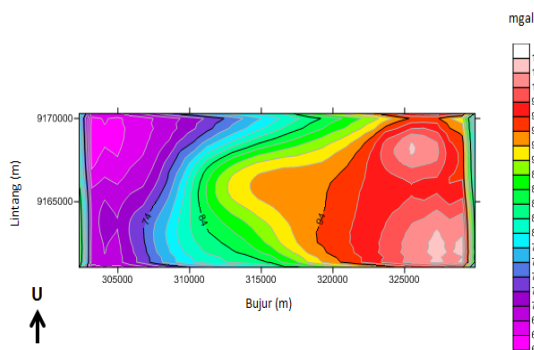


Gambar 5. Kontur anomali Bouguer lengkap di topografi.

Daerah penelitian pada peta anomali Bouguer lengkap diatas mencakup luas area sekitar 26 x 9 kilometer persegi dengan spasi antar titik pengukuran sebesar 597 m. Berdasarkan peta anomali Bouguer lengkap tersebut terlihat bahwa nilai anomali pada area pengukuran berkisar mulai 56 mGal hingga 112 mGal.

Reduksi Bidang Datar

Proses transformasi ini perlu dilakukan karena pengolahan data berikutnya mensyaratkan *input* anomali medan gravitasi harus terdistribusi pada bidang datar. Metode yang dapat digunakan untuk mengubah data anomali medan gravitasi yang masih terdistribusi di bidang tidak datar ke bidang datar adalah melalui pendekatan deret Taylor (*Taylor series approximation*). Peta kontur ABL (Anomali Bouguer Lengkap) di bidang datar dapat dilihat pada Gambar 6.

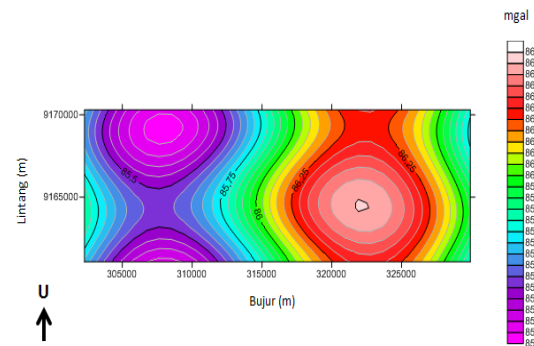


Gambar 6. Peta kontur ABL di bidang datar (interval kontur 2 mGal).

Anomali Regional

Anomali Regional mencerminkan adanya struktur geologi regional yang melandasi batuan diatasnya pada kedalaman tertentu. Metode yang digunakan untuk mengetahui anomali regional adalah metode pengangkatan ke atas

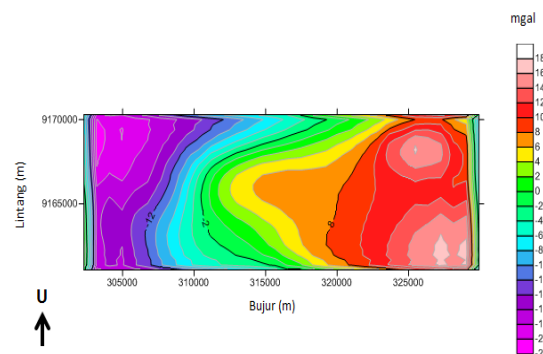
(*Upward Continuation*). Pada penelitian ini diperoleh anomali regional pada pengangkatan ke atas ketinggian 10.100 meter dari bidang datar. Nilai anomali medan gravitasi regional merupakan anomali positif (85,25 s.d. 86,55 mGal). Peta kontur Anomali Regional daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta kontur Anomali Regional (interval kontur 0,05 mGal)

Anomali Residual

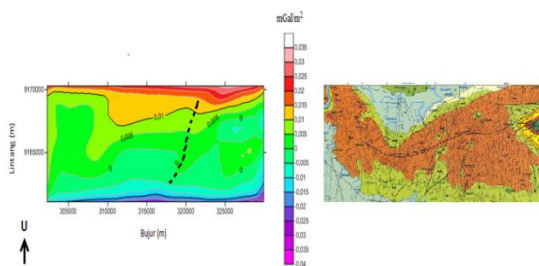
Anomali Residual merupakan pemisah antara anomali Bouguer lengkap di bidang datar dengan anomali regional pada bentuk struktur geologi lokal atau dangkal. Nilai anomali medan gravitasi residual dikelompokkan menjadi anomali negatif (-22 s.d. -2 mGal) dan anomali positif (0 s.d. 20 mGal). Peta kontur Anomali Residual beserta lintasannya daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta kontur Anomali Residual (interval kontur 2 mGal)

Kontur rapat antara anomali positif dengan negatif pada daerah penelitian terletak pada bagian tengah kontur dengan pola mengarah Timur Laut-Barat Daya. Selain itu, pada bagian Timur Laut daerah penelitian juga terdapat kontur rapat antara anomali positif dengan negatif dengan pola mengarah Barat Laut-Tenggara.

Second Vertical Derivative

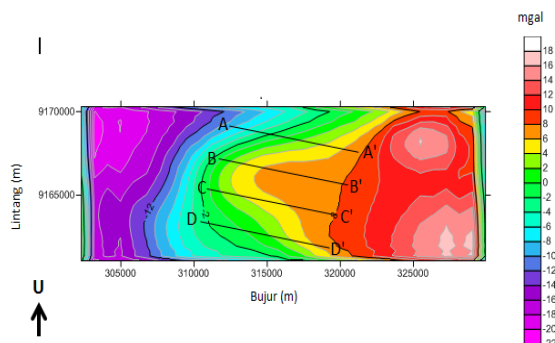


Gambar 9. Peta kontur *Second Vertical Derivative* (SVD)

Peta kontur anomali *Second Vertical Derivative* digunakan untuk menentukan lokasi keberadaan patahan. Berdasarkan kontur di atas dapat dilihat bahwa arahnya sesuai dengan peta geologi daerah penelitian yang diduga disanalh letak patahan berada.

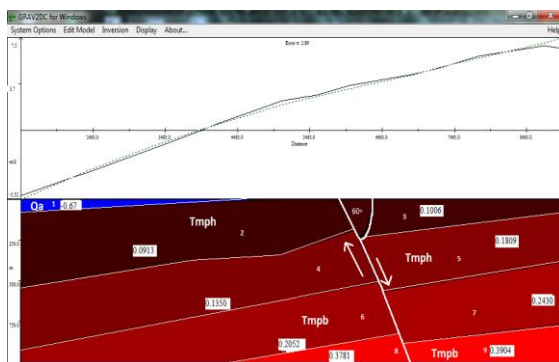
Interpretasi dan Pemodelan 2,5 D

Data hasil proses *digitize* dan *slice* anomali residual merupakan data masukan untuk program aplikasi *Grav2DC*. Data ini merupakan data anomali medan gaya berat hasil observasi. Dalam penelitian ini dibuat 4 penampang lintasan, yaitu lintasan A, B, C dan D.



Gambar 10. Pengambilan penampang lintasan pada kontur anomali residual.

Penampang Lintasan A-A'

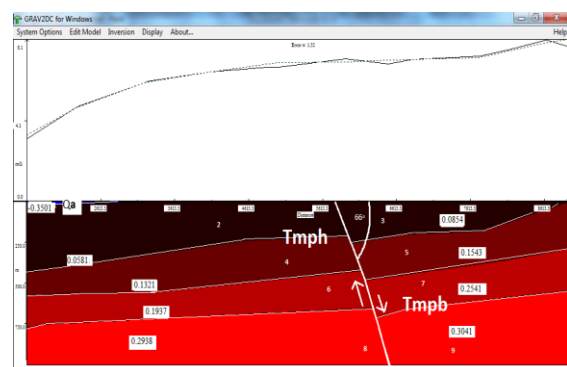


Gambar 11. Model benda anomali lintasan A-A'

Formasi Alluvium memiliki perbedaan densitas sebesar $-0,67 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada formasi ini terdiri atas: lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal. Sedangkan Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,0913 \text{ g/cm}^3$, $0,1006 \text{ g/cm}^3$, $0,1350 \text{ g/cm}^3$ dan $0,1809 \text{ g/cm}^3$. Pada Formasi Halang terjadi perbedaan nilai densitas, Hal ini diakibatkan oleh peristiwa pemadatan yang menyebabkan batuan yang terletak paling bawah memiliki densitas lebih besar. Selain karena perbedaan densitas, fenomena fisis pemadatan juga terjadi karena adanya dominasi batuan tertentu. Batuan pada formasi Halang terdiri atas: batu lempung, perselingan pasir, napal dan tuff dengan sisipan breksi.

Anggota Breksi Formasi Halang Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,2052 \text{ g/cm}^3$, $0,2430 \text{ g/cm}^3$, $0,3781 \text{ g/cm}^3$ dan $0,3904 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada anggota breksi formasi Halang terdiri atas: batuan breksi, andesit dan lava basaltik. Patahan pada model A-A' terlihat sangat jelas dengan adanya pergerakan relatif *hanging wall* ke bawah. *Hanging wall* sendiri adalah dua buah sesar bersandingan secara non-vertikal. Berdasarkan pemodelan sayatan diperoleh informasi *dip*. *Dip* merupakan sudut kemiringan patahan terhadap permukaan.

Penampang Lintasan B-B'

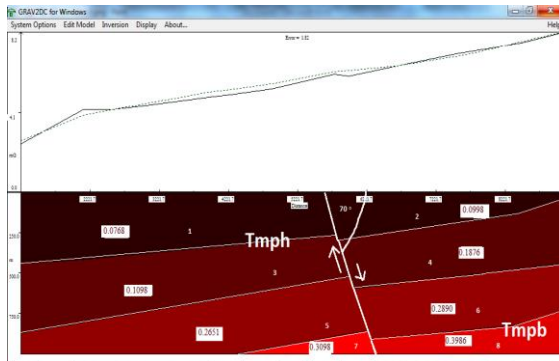


Gambar 12. Model benda anomali lintasan A-A'

Formasi Alluvium memiliki perbedaan densitas sebesar $-0,3501 \text{ g/cm}^3$, batuan pada formasi ini terdiri atas: lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal. Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,0581 \text{ g/cm}^3$, $0,0854 \text{ g/cm}^3$, $0,1321 \text{ g/cm}^3$ dan $0,1543 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada formasi Halang terdiri atas: batu lempung, perselingan pasir, napal dan tuff dengan sisipan breksi. Anggota Breksi Formasi Halang

memiliki perbedaan densitas sebesar $0,1937 \text{ g/cm}^3$, $0,2541 \text{ g/cm}^3$, $0,2938 \text{ g/cm}^3$ dan $0,3041 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada anggota breksi formasi Halang terdiri atas: batuan breksi, andesit dan lava basaltik. Patahan pada model B-B' terlihat sangat jelas dengan adanya pergerakan relatif *hanging wall* ke bawah.

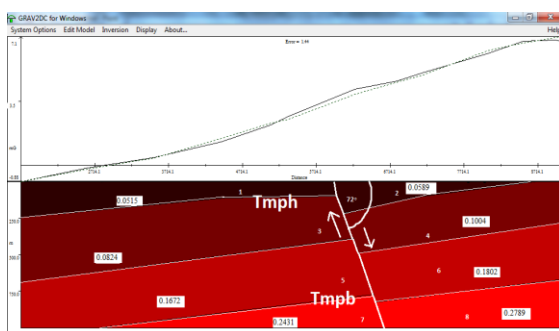
Penampang Lintasan C-C'



Gambar 13. Model benda anomali lintasan C-C'.

Formasi satuan batuan yang terdeteksi pada sayatan C adalah formasi Halang (Tmph) dan anggota breksi formasi Halang (Tmfb). Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,0768 \text{ g/cm}^3$, $0,0998 \text{ g/cm}^3$, $0,1098 \text{ g/cm}^3$ dan $0,1876 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada formasi Halang terdiri atas: napal dan tuff dengan sisipan breksi, batu lempung dan perselingan pasir. Anggota Breksi Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,2651 \text{ g/cm}^3$, $0,2890 \text{ g/cm}^3$, $0,3098 \text{ g/cm}^3$ dan $0,3986 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada anggota breksi formasi Halang terdiri atas: batuan breksi, andesit dan lava basaltik. Patahan pada model C-C' terlihat sangat jelas dengan adanya pergerakan relatif *hanging wall* ke bawah. Berdasarkan pemodelan sayatan diperoleh informasi *dip*.

Penampang Lintasan D-D'



Gambar 14. Model benda anomali lintasan D-D'.

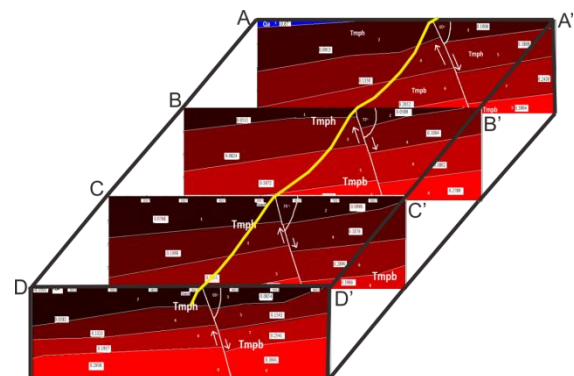
Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,0515 \text{ g/cm}^3$, $0,1135 \text{ g/cm}^3$, $0,0589 \text{ g/cm}^3$ dan $0,0824 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada formasi

Halang terdiri atas: batu lempung, perselingan pasir, napal dan tuff dengan sisipan breksi. Anggota Breksi Formasi Halang memiliki perbedaan densitas sebesar $0,1004 \text{ g/cm}^3$, $0,1672 \text{ g/cm}^3$, $0,2431 \text{ g/cm}^3$ dan $0,2789 \text{ g/cm}^3$. Batuan pada anggota breksi formasi Halang terdiri atas: batuan breksi, andesit dan lava basaltik. Patahan pada model D-D' terlihat sangat jelas dengan adanya pergerakan relatif *hanging wall* ke bawah. Berdasarkan pemodelan sayatan diperoleh informasi *dip*.

Berdasarkan gambar pemodelan, setiap lintasan terdapat patahan dengan daerah yang berbeda-beda. Lintasan A, B, C, dan D secara berurutan melewati daerah Somagede, Ajibarang, Talahab dan Karangsalam. Adapun jenis patahan yang teridentifikasi adalah jenis patahan turun dengan kemiringan lapisan batuan $<20^\circ$.

Penggabungan Model-Model 2,5D

Model - model pada sayatan A, B, C dan D dibuat dengan arah lintasan sejajar serta memiliki panjang lintasan yang sama.



Gambar 15. Penggabungan model-model 2,5D yang telah dibuat.

Hasil pemodelan 2,5D dibuat berdasarkan nilai anomali residual yang dalam pemodelannya dikorelasikan dengan informasi geologi dan hasil analisa *Second Vertical Derivative*. Penggabungan model-model tersebut menunjukkan keberadaan bentangan patahan terlihat kontinu. Keberadaan patahan terdeteksi tepat mulai lintasan A sampai setelah lintasan D, adapun sudut kemiringan patahan bervariasi antara 60° sampai 72° .

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa analisa *Second Vertical Derivative* mampu mengidentifikasi untuk memperkirakan adanya patahan atau patahan daerah sekitar Pegunungan Serayu Selatan. Struktur patahan daerah penelitian memiliki *dip* yang bervariasi antara 60° sampai 72° . Secara keseluruhan patahan terletak pada kontak antara Formasi Halang dan anggota breksi Formasi Halang. Formasi Halang memiliki densitas rata-rata $2,7875 \text{ g/cm}^3$ yang tersusun atas batu lempung, perselingan pasir, napal dan tuff dengan sisipan breksi. Anggota breksi Formasi Halang memiliki densitas rata-rata $2,95 \text{ g/cm}^3$ yang tersusun atas batuan breksi, andesit dan lava basaltik. Setiap lintasan terdapat patahan dengan daerah yang berbeda-beda. Lintasan A, B, C, dan D secara berurutan melewati daerah Somagede, Ajibarang, Talahab dan Karangsalam. Adapun jenis patahan yang teridentifikasi adalah jenis patahan turun dengan kemiringan lapisan batuan $<20^{\circ}$.

Untuk penelitian selanjutnya akan lebih baik jika dilakukan metode geofisika lainnya seperti metode magnetik sebagai data pendukung dari metode gaya berat. Hal tersebut bertujuan untuk memperkuat hasil interpretasi dalam penarikan struktur pada daerah penelitian. Diperlukan juga informasi hasil penelitian geologi yang lebih banyak agar pemodelan struktur bawah permukaan tanah yang dibuat menggunakan program grav2DC lebih mendekati kebenaran.

DAFTAR PUSTAKA

Artikel jurnal:

- [1] Rosenbach, O, 1953, A Contribution to The Computation of "Second Derivative", from Gravity Data, Geophysics, Vol. 18, Hal. 894-912.
- [2] Sarkowi, M., 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panas Bumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouger, Jurnal Sains Mipa Vol.16, Hal. 111-118.

Buku:

- [1] Adhi., P. M., Muhtadi A. H., Achmari, P., Sina Z. Z., Aziz I. J., Subekti P. F. 2011. *Metode Gaya Berat*. Indonesia: Program Studi Fisika, Institut Teknologi Bandung.
- [2] Dharmawan, L. 2007. *Redam Bencana Banyumas*. Banyumas: Pusat Informasi Action Learning Project.
- [3] Siagian, H. P., Sjarif, N., dan Sobari, I. 1995. *Peta Anomali Bouger Lembar Banyumas*. Bandung: Pusat Survei Geologi (PSG).
- [4] Sujanto & Roskamil. 1995. *Fisiografi tektonik Jawa Tengah bagian selatan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [5] Telford, W.M., Gedaart, L.P., Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge. New York.